营养性复合添加剂饲喂模式对生长猪免疫功能和猪瘟抗体效价的影响[1]

钟佳佑　陈代文　余　冰　何　军　郑　萍　毛湘冰　黄志清　罗钧秋　罗玉衡　虞　洁*

（四川农业大学动物营养研究所，动物抗病营养教育部重点实验室，成都 611130）

摘　要：本试验旨在研究营养性复合添加剂饲喂模式对生长猪免疫功能和猪瘟抗体效价的影响。选用体重（40.5±2.3） kg的健康“杜×长×大”生长猪24头，按体重相近、性别一致原则随机分为4组，每组6个重复，每个重复1头猪。试验第7天接种猪瘟疫苗，疫苗接种前7 d为试验前期，疫苗接种后28 d为试验后期，试验期共35 d。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别在试验前期、后期和全期在基础饲粮中添加 0.1%营养性复合添加剂。结果表明：与对照组相比，全期饲喂营养性复合添加剂显著提高试验第 21 天生长猪血清猪瘟抗体滴度（$P<0.05$）；全期组试验第28天生长猪血清猪瘟抗体水平显著高于对照组和前期组（$P<0.05$）。与对照组相比，后期组和全期组显著降低了试验第21天生长猪全血$CD3^+$数量（$P<0.05$）；全期组试验第35天全血$CD3^+$数量显著低于其他各组（$P<0.05$）。与对照组相比，全期组显著提高了试验第21天和第35天生长猪血清免疫球蛋白含量（$P<0.05$）；前期组或全期组显著提高了生长猪血清超氧化物歧化酶活性和总抗氧化能力（$P<0.05$），而全期组显著降低了血清丙二醛含量（$P<0.05$）。综上所述，营养性复合添加剂的不同饲喂模式对生长猪猪瘟抗体水平、免疫球蛋白含量和机体抗氧化能力的影响有差异，其中全期饲喂效果最佳。

关键词：营养性复合添加剂；抗体效价；免疫功能；猪瘟；生长猪

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

近年来，猪烈性传染性疾病频繁发生，严重威胁猪群健康。目前，免疫接种是控制传染性疾病的有效方法之一，但在养殖生产中经常出现免疫失败或疫苗抗体效价低等情况，这直接影响免疫接种控制传染性疾病的效果，阻碍养猪业的发展。研究表明，营养与疫苗免疫效果存在直接关系，营养不仅影响免疫系统的发育和完善，同时免疫抗体的产生消耗大量的营养物质，包括蛋白质、维生素及微量元素等[1]。因此，通过营养调控改善动物的免疫功能，能有效提高疫苗免疫效果。研究表明，在疫苗免疫条件下分别添加黄芪多糖、维生素 E 有效提高了断奶仔猪血清抗体水平，增强了机体免疫功能[2-3]。酵母硒、叶酸、生物素能通过影响免疫器官的产生和淋巴细胞分化，对机体的免疫功能造成影响[4-5]。目前，有关添加剂单独添加效应的研究较多，而营养性复合添加剂及新型添加剂的研究则相对较少。本课题组

[1]收稿日期：2016－04－15

基金项目：四川省科技成果转化项目（2013NC0010）；国家生猪现代产业技术体系建设专项资金（CARS-36）

作者简介：钟佳佑(1990–)，女，四川泸县人，硕士研究生，从事猪抗病营养研究。E-mail： 523704769@qq.com

*通信作者：虞　洁，副研究员，硕士生导师，E-mail: yujie@sicau.edu.cn

前期的研究已经研究筛选了适宜的营养性复合添加剂的配方和添加水平[6]，但该添加剂的饲喂方法和模式尚有待进一步研究。因此本试验旨在研究营养性复合添加剂的适宜饲喂模式对生长猪免疫功能和猪瘟疫苗抗体效价的影响，为营养性复合添加剂在生产上的使用提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验选用 24 头体重（40.5±2.3） kg 的健康“杜×长×大”生长猪，按体重相近、性别一致原则随机分为 4 组，每组 6 个重复，每个重复 1 头猪。试验第 7 天接种猪瘟疫苗，疫苗接种前 7 d 为试验前期，疫苗接种后 28 d 为试验后期，试验全期为 35 d。营养型复合添加剂饲喂模式见表 1。

表 1　试验设计

Table 1　Experimental design

组别 Groups	前期 Early stage	后期 Late stage
对照组 Control group	基础饲粮	基础饲粮
后期组 Late stage group	基础饲粮	基础饲粮＋0.1%添加剂
前期组 Early stage group	基础饲粮＋0.1%添加剂	基础饲粮
全期组 Whole stage group	基础饲粮＋0.1%添加剂	基础饲粮+0.1%添加剂

1.2　试验饲粮

基础饲粮采用玉米－豆粕型，参照 NRC（2012）25~50 kg 生长猪营养需要量配制，其组成及营养水平见表 2。营养性复合添加剂添加量为 0.1%。

本试验所使用的营养性复合添加剂成分及含量（在全价料中添加量）如下：酵母硒 0.5 mg/kg、黄芪多糖 300 mg/kg、生物素 0.1 mg/kg、叶酸 0.02 mg/kg、维生素 C 100 mg/kg。

1.3　饲养管理

试验预试期为 4 d，饲喂基础饲粮。所有猪只采用单笼饲养，每天饲喂 3 次，自由采食和饮水，少喂勤添，饲喂量以料槽内略有剩余为标准。每天进行圈舍清洁和消毒，并保持舍内通风和干燥。

表2　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

原料 Ingredients		营养水平 Nutrient levels[2]	
玉米（粗蛋白质 7.8%） Maize (CP 7.8%)	73.73	粗蛋白质 CP	15.43
豆粕 Soybean meal	22.50	消化能 DE/(MJ/kg)	13.92
豆油 Soybean oil	0.70	钙 Ca	0.66
食盐 NaCl	0.30	总磷 TP	0.56
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.24	有效磷 AP	0.35
石粉 Limestone	0.78	可消化赖氨酸 DLys	0.98
L–赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl （78%）	0.27	可消化蛋氨酸 DMet	0.29
DL–蛋氨酸 *DL*-Met	0.05	可消化含硫氨基酸 DSAA	0.50
氯化胆碱 Choline chloride （50%）	0.10	可消化苏氨酸 DThr	0.60
预混料 Premix[1]	0.33	可消化色氨酸 DTrp	0.17
合计 Total	100.00		

[1]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 0.94 mg，VB_1 1.5 mg，VB_2 5 mg，VB_6 2 mg，VB_{12} 0.04 mg，VD_3 0.01 mg，VE 20 mg，VK_3 1 mg，生物素 biotin 0.1 mg，叶酸 folic acid 1.5 mg，*D*–泛酸 *D*-pantothenic acid 15 mg，烟酸 nicotinic acid 20 mg，Cu (as copper sulfate) 17 mg，Fe (as ferrous sulfate) 146 mg，Mn (as manganese sulfate) 25 mg，Zn (as zinc sulfate) 106 mg，I (as potassium iodide) 0.30 mg，Se (as sodium selenite) 0.20 mg。

[2] 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.4 样品采集及指标测定

血样采集：所有试验猪于正试期开始、第 7 天、第 14 天、第 21 天、第 28 天和第 35 天前腔静脉采血 3~5 mL，分离血清，用于抗体效价的测定。正式试验第 21 天和第 35 天前腔静脉采血 10 mL，部分 3 000 r/min 离心 15 min 收集血清，部分收集于抗凝管中用于淋巴细胞亚群检测。

1.5 检测指标及方法

1.5.1 猪瘟抗体测定

采用酶联免疫吸附测定（ELISA）法测定正试期开始、第 7 天、第 14 天、第 21 天、第 28 天和第 35 天猪瘟抗体水平，严格按照猪瘟病毒抗体检测试剂盒（美国爱德士）说明书操作。抗体滴度以阻断率来表示：

阻断率（%）$=100\times(OD_{N450}-OD_{TEST450})/OD_{N450}$。

式中：$OD_{TEST450}$为被检样本的平均值；OD_{N450}为阴性对照的平均值。

1.5.2 T淋巴细胞测定

正试期第21天和第35天取2 mL抗凝全血，用流式细胞仪分析测定T淋巴细胞亚群$CD3^+$、$CD4^+$、$CD8^+$数量和$CD4^+$ / $CD8^+$值。

1.5.3 免疫球蛋白测定

正试期第21天和第35天测定生长猪血清免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G（IgG）和免疫球蛋白M（IgM）含量，使用武汉基因美生物科技有限公司提供的试剂盒、采用双抗体两步夹心ELISA法进行测定。

1.5.4 抗氧化指标测定

正试期第21天和第35天收集血清，分装于500 μL EP管中，－20 ℃保存备用。血清总抗氧化能力（T-AOC）、丙二醛（MDA）含量和超氧化物歧化酶（SOD）活性采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定，严格按照试剂盒说明说进行操作。

1.6 数据处理分析

用Excel 2007软件对试验数据进行整理，采用SPSS 17.0软件对数据进行单因素方差分析，并用Duncan氏法进行多重比较，结果以平均值±标准差表示，$P<0.05$表现为差异显著，$P>0.05$为差异不显著。

2 结果与分析

2.1 营养性复合添加剂饲喂模式对猪瘟疫苗免疫生长猪血清猪瘟抗体滴度的影响

从表3可知，猪瘟疫苗免疫后，各组均产生了较高水平的猪瘟抗体，尤其是在试验第21天开始大量产生，且与试验开始、第7天和第14天相比差异显著（$P<0.05$）。与对照组相比，全期组显著提高了试验第21天生长猪血清猪瘟抗体滴度（$P<0.05$）。全期组试验第28天生长猪血清猪瘟抗体滴度显著高于对照组和前期组（$P<0.05$）。

表3 营养性复合添加剂饲喂模式对猪瘟疫苗免疫生长猪血清猪瘟抗体滴度的影响

Table 3 Effects of nutritional compound additive feeding patterns on serum classical swine fever virus antibody titer of growing pigs injected by swine fever vaccine %

时间 Time	对照组 Control group	后期组 Late stage group	前期组 Early stage group	全期组 Whole stage group

开始 Start	5.805±2.603^{A}	7.110±2.321^{A}	4.063±2.336^{A}	4.918±1.586^{A}
第 7 天 The 7th day	6.378±1.865^{A}	7.230±2.385^{A}	5.523±0.696^{AB}	6.424±2.684^{A}
第 14 天 The 14th day	8.142±3.823^{A}	6.656±2.329^{A}	8.020±1.714^{B}	4.629±2.429^{A}
第 21 天 The 21st day	17.954±4.454^{Ba}	19.618±9.283^{Bab}	19.262±4.416^{Cab}	24.119±1.025^{Bb}
第 28 天 The 28th day	25.028±2.706^{Ca}	29.219±4.986^{Cab}	25.928±2.556^{Da}	32.303±4.799^{Cb}
第 35 天 The 35th day	38.115±3.098^{D}	38.201±3.454^{C}	39.912±3.173^{E}	40.038±2.513^{D}

同行数据肩标无字母或相同小写字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)；同列数据肩标相同大写字母表示差异不显著(P>0.05)，不同大写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). In the same column, values with the same capital letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 营养性复合添加剂饲喂模式对猪瘟疫苗免疫生长猪血液淋巴细胞亚群的影响

从表 4 可知，与对照组相比，后期组和全期组显著减少了试验第 21 天生长猪全血 CD3^{+}数量（P<0.05）。全期组试验第 35 天生长猪全血 CD3^{+}数量显著低于其他各组（P<0.05），CD4^{+}/CD8^{+}值也有下降的趋势（P>0.05），这表明营养性复合添加剂影响了辅助性 T 细胞和抑制性 T 细胞在全血中的百分比，降低了 CD3^{+}数量，导致机体细胞免疫功能降低，增加了生长猪对疾病的易感性。各组间血液中 CD4^{+}、CD8^{+}数量和 CD4^{+}/CD8^{+}值没有显著差异（P>0.05）。

表 4 营养性复合添加剂饲喂模式对猪瘟疫苗免疫生长猪淋巴细胞亚群的影响

Table 4 Effects of nutritional compound additive feeding patterns on blood lymphocyte subtypes of growing pigs injected by swine fever vaccine

时间 Time	亚群 Subtypes	对照组 Control group	后期组 Late stage group	前期组 Early stage group	全期组 Whole stage group
第 21 天 The 21st day	CD3^{+}/%	77.194±3.125^{a}	72.468±2.476^{b}	75.068±2.271^{ab}	72.452±0.723^{b}
	CD4^{+}/%	26.733±2.594	29.772±3.525	27.492±2.856	28.843±3.430
	CD8^{+}/%	33.105±3.139	34.133±3.660	31.282±3.139	34.916±1.277
	CD4^{+}/CD8^{+}	0.901±0.095	0.939±0.057	1.024±0.134	0.992±0.140

第 35 天	CD3+/%	55.808±7.198[a]	50.794±2.590[a]	46.848±3.659[a]	32.990±3.596[b]
The	CD4+/%	16.363±4.602	13.858±3.121	15.260±5.500	10.586±2.521
35th day	CD8+/%	22.835±4.425	26.558±5.886	25.857±6.894	20.075±4.663
	CD4+/CD8+	0.670±0.127	0.583±0.237	0.586±0.097	0.529±0.063

2.3 营养性复合添加剂饲喂模式对猪瘟疫苗免疫生长猪免疫球蛋白的影响

从表 5 可知，与对照组相比，后期组和前期组提高了试验第 21 天和第 35 天生长猪血清 IgG、IgA 和 IgM 含量，但差异不显著（*P*>0.05）。全期组试验第 21 天和第 35 天生长猪血清 IgG、IgA 和 IgM 含量显著高于对照组（*P*<0.05）。

表 5 营养性复合添加剂的饲喂方式对猪瘟疫苗免疫生长猪血清免疫球蛋白的影响

Table 5 Effects of nutritional compound additive feeding patterns on serum immuneglobulin of growing pigs injected by swine fever vaccine μg/mL

时间 Time	项目 Items	对照组 Control group	后期组 Late stage group	前期组 Early stage group	全期组 Whole stage group
第 21 天	IgG	137.846±13.609[a]	153.262±29.129[ab]	168.616±14.513[ab]	181.905±5.457[b]
The	IgA	22.862±1.180[a]	28.338±5.680[ab]	29.072±7.444[ab]	31.121±5.195[b]
21st day	IgM	40.026±4.715[a]	48.870±10.057[ab]	53.696±10.322[ab]	57.081±9.821[b]
第 35 天	IgG	129.733±15.086[a]	159.019±25.921[ab]	140.663±26.028[ab]	184.962±45.675[b]
The	IgA	26.937±2.789[a]	30.797±5.970[ab]	30.819±8.141[ab]	38.240±6.320[b]
35th day	IgM	39.860±1.735[a]	51.687±12.192[ab]	48.310±7.685[ab]	58.641±13.275[b]

2.4 营养性复合添加剂饲喂模式对猪瘟疫苗免疫生长猪血清抗氧化能力的影响

从表 6 可知，后期组和前期组试验第 21 天和第 35 天生长猪血清 MDA 含量低于对照组，但差异不显著（*P*>0.05）；与对照组相比，全期组显著降低了试验第 21 天生长猪血清 MDA 含量（*P*<0.05）。与对照组相比，前期组试验第 21 天生长猪血清 SOD 活性显著提高（*P*<0.05），前期组和全期组显著提高了试验第 35 天生长猪血清 SOD 活性（*P*<0.05）。与对照组相比，饲喂营养性复合添加剂提高了试验第 21 天生长猪血清 T-AOC，其中全期组差异达显著水平（*P*<0.05）。

表 6 营养性复合添加剂饲喂模式对猪瘟疫苗免疫生长血清猪抗氧化能力的影响

Table 6 Effects of nutritional compound additive feeding patterns on serum antioxidant capacity of growing pigs injected by swine fever vaccine

时间 Time	项目 Items	对照组 Control group	后期组 Late stage group	前期组 Early stage group	全期组 Whole stage group
第 21 天	SOD/(U/mL)	77.796±5.462[a]	79.574±2.015[ab]	84.071±0.827[b]	82.067±3.646[ab]
The	MDA/(nmol/mL)	3.088±0.632[a]	2.332±0.608[ab]	2.651±0.311[ab]	1.809±0.402[b]
21st day	T-AOC/(U/mL)	0.674±0.326[a]	1.531±0.627[ab]	1.347±0.577[ab]	1.757±0.504[b]
第 35 天	SOD/(U/mL)	75.951±3.808[a]	79.455±1.787[ab]	80.670±0.825[b]	80.505±0.997[b]
The	MDA/(nmol/mL)	3.427±1.123	2.812±0.824	2.907±0.285	2.723±0.672
35th day	T-AOC/(U/mL)	1.563±0.377	1.518±0.561	1.613±0.321	1.546±0.520

3 讨 论

免疫接种是控制疾病的有效方法，但在免疫过程中，动物因受到外来病原体刺激，易引发机体代谢发生改变，从而影响免疫效率。猪瘟一直是阻碍现代养猪业发展的重要因素，其降低猪只应激反应，改善其免疫功能，因此提高免疫效率是本文着重解决的问题。前期研究证实，中草药添加剂能够作为免疫佐剂提高机体的抗病毒能力，微量元素、维生素等在机体抵抗外界环境变化和病菌方面也具有其独特作用[7-9]。因此，本研究采用对生长猪接种猪瘟疫苗，模拟生产实际中猪瘟疫苗的免疫情况。结果显示：免疫 21 d 后各组的抗体滴度较免疫前均显著提高。这表明，本试验猪瘟疫苗接种有效。

体液免疫是构成机体防御能力的重要组成部分，动物机体内的体液免疫主要是由抗体介导的，血清中抗体水平的高低能够在一定程度上反映机体的免疫状态。动物在疫苗免疫后能否最短时间内激活免疫系统，产生特异性抗体，在疾病防治中尤为重要。IgA 作为防止病原体入侵机体的第 1 道防线，与 IgG 作用共同抵御细菌、病毒和毒性的感染。IgM 早于 IgG 的产生，能有效结合补体，在机体的早期防御中具有重要意义。陈宏等[10]研究表明，仔猪饲粮中添加 0.3~0.5 mg/kg 的生物素显著提高了血清 IgG 含量。侯伟革[11]在饲粮中添加 0.05%黄芪多糖显著提高了断奶仔猪血清中 IgG 的含量。Niu 等[12]发现，饲粮添加 0.4 mg/kg 有机硒显著提高了绵阳红细胞抗原免疫肉鸡血清总抗体、IgM 和 IgG 含量。在免疫条件下添加单一或 2 种营养性添加剂对动物的抗体效价有增效作用[13-14]。饲粮中添加黄芪多糖显著提高了血清中油剂疫苗抗体滴度[15]。疫苗免疫下，硒的添加能够刺激免疫球蛋白及抗体的生成，提高机体的体液免疫功能[16]。本试验发现营养性复合添加剂的使用提高了生长猪血清免疫

球蛋白含量，并以全期饲喂添加剂效果最为明显，且全期饲喂显著提高了猪瘟疫苗免疫生长猪血清抗体水平，而对未免疫生长猪抗体水平没有影响，这表明营养性复合添加剂可能是作为一种免疫佐剂影响生长猪的免疫功能。值得注意的是，本研究结果还显示全期饲喂营养性复合添加剂下调了生长猪全血 $CD3^{+}$数量，同时 $CD4^{+}/CD8^{+}$值也有降低趋势。可以推测，营养性复合添加剂作为免疫佐剂调节生长猪免疫功能主要是通过增强体液免疫实现的。

机体抗氧化能力与动物的健康密切相关，诸多研究报道，营养性添加剂对机体抗氧化功能有促进作用。黄芪多糖降低了小鼠血清中谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性，增强了 SOD 和谷胱甘肽在肝脏中的活性[17]。曾秋凤等[18]在肉鸡上研究表明，维生素 C 显著提高了肝脏以及血清中 T-AOC，降低了 MDA 含量。叶酸可促进血清和肝脏中谷胱甘肽过氧化物酶减少自由基的产生，从而保护细胞膜的结构和功能的完整。本试验中，全期饲喂添加剂显著提高了血清 T-AOC 和 SOD 活性，降低了 MDA 含量，这与营养性复合添加剂中的维生素 E、维生素 C、酵母硒等抗氧化成分密切相关。另外，本研究结果还发现营养性复合添加剂对抗氧化能力的影响主要集中于免疫之前，后期饲喂对提高机体抗氧化有一定的作用，但效果不明显，整个试验期饲喂营养性复合添加剂更有利于提高机体的抗氧化能力。

4 结 论

饲喂营养性复合添加剂提高了生长猪的猪瘟抗体水平、免疫球蛋白含量和机体抗氧化能力。营养性复合添加剂的不同饲喂方式对生长猪猪瘟疫苗抗体效价和免疫功能的影响存在差异，在本试验条件下，全期饲喂效果最佳。

参考文献：

[1] CHANDRA R K,NEWBERNE P M.Nutrition,immunity,and infection:mechanisms of interactions[M].New York:Springer Science & Business Media,2012.

[2] 黄保平,刘银宝,刘玉华.黄芪多糖对断奶仔猪生产性能与猪瘟疫苗免疫效果的影响[J].安徽农业科学,2014,42(17):5493–5494,5496.

[3] LAURIDSEN C.Evaluation of the effect of increasing dietary vitamin E in combination with different fat sources on performance,humoral immune responses and antioxidant status of weaned pigs[J].Animal Feed Science and Technology,2010,158(1/2):85–94.

[4] SALMAN S,DINSE D,KHOL-PARISINI A,et al.Colostrum and milk selenium,antioxidative capacity and immune status of dairy cows fed sodium selenite or selenium yeast[J].Archives of Animal Nutrition,2013,67(1):48–61.

[5] 朱勇文,侯水生,杨琳,等.不同生物素水平对北京鸭前期生长性能影响及后期缺乏症观察

[J].饲料工业,2012,33(1):18–21.

[6] 邹晓勇,田仁国.含钒石煤复合添加剂焙烧法生产五氧化二钒工艺的研究[J].湖南冶金,2005,33(5):3–5,9.

[7] YUAN S L,PIAO X S,LI D F,et al.Effects of dietary *Astragalus* polysaccharide on growth performance and immune function in weaned pigs[J].Animal Science,2006,82(4):501–507.

[8] VILLAMOR E,MUGUSI F,URASSA W,et al.A trial of the effect of micronutrient supplementation on treatment outcome,T cell counts,morbidity,and mortality in adults with pulmonary tuberculosis[J].The Journal of Infectious Diseases,2008,197(11):1499–1505.

[9] ERICKSON K L,MEDINA E A,HUBBARD N E.Micronutrients and innate immunity[J].The Journal of Infectious Diseases,2000,182(Suppl.1):S5-S10.

[10] 陈宏,张克英,丁雪梅,等.圆环病毒攻击下日粮中生物素的添加水平及其对仔猪部分免疫指标及生产性能的影响[J].动物营养学报,2009,21(1):13–18.

[11] 侯伟革.黄芪多糖和黄芩甙对断奶仔猪生产性能、血液指标和免疫机能影响的研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2006.

[12] NIU J,CHEN X,LU X,et al.Effects of different levels of dietary wakame (*Undaria pinnatifida*) on growth,immunity and intestinal structure of juvenile *Penaeus monodon*[J].Aquaculture,2015,435:78–85.

[13] 邓楠楠,王印庚,张正,等.黄芪多糖佐剂对大菱鲆五联疫苗免疫增效作用[J].渔业科学进展,2012,33(2):35–42.

[14] BUNGLAVAN S J,GARG A K,DASS R S,et al.Effect of supplementation of different sources of selenium on humoral immunity in guinea pigs[J].Journal of Immunology and Immunopathology,2013,15(2):169–174.

[15] ZHANG X H,WANG D Y,HU Y L,et al.Immunologic enhancement of *Astragalus polysaccharide* (APS) on the humoral immunity of chicken[J].Chinese Journal of Veterinary Science,2009,29(3):312–314,334.

[16] RAYMAN M P.The importance of selenium to human health[J].The Lancet,2000,356(9225):233–241.

[17] 许杜娟,陈敏珠.黄芪多糖对小鼠免疫功能的影响[J].安徽医药,2003,7(6):418–419.

[18] 曾秋凤,陈代文,张克英,等.饲粮添加 Vc 对腹水肉鸡缺氧诱导因子–1α 基因表达及机体氧化与抗氧化能力的影响[J].中国兽医学报,2007,27(1):106–110.

Effects of Nutritional Compound Additive Feeding Patterns on Immune Function and Swine Fever Antibody Titer of Growing Pigs

ZHONG Jiayou CHEN Daiwen YU Bing HE Jun ZHENG Ping MAO Xiangbing

HUANG Zhiqing LUO Junqiu LUO Yuheng YU Jie*

(*Animal Nutrition Institute*, *Sichuan Agricultural University*; *Key Laboratory of Animal Disease-Resistance Nutrition, China Ministry of Agriculture*, *Chengdu* 611130, *China*)

Abstract: The experiment was conducted to investigate the effects of nutritional compound additive (NCA) feeding patterns on immune function and swine fever (SF) antibody titer of growing pigs. A total of 24 healthy Duroc×Landrace×Yorkshire growing pigs with an initial average body weight of (40.5±2.3) kg were allocated to 4 groups with 6 replicates per group and 1 pig per pen with randomized complete block design according to similar weight and gender. On the 7th day, each pig was given SF vaccine. Pigs feeding in this experiment were divided into two stages: 7 d before and 28 d after vaccination. The whole trial lasted for 35 d. Pigs in the control group were fed a basal diet, and in the experimental groups were fed diets supplemented with 0.1% NCA during early, late and whole stage of the trail, respectively. The results showed that feeding NCA during the entire trail significantly increased the serum HC antibody titer of pigs at the 21st day compared with the control group (P<0.05). Compared with the control group and feeding NCA before vaccination, feeding NCA during entire period significantly increased the serum HC antibody titer level of pigs at the 28th day (P<0.05). Compared with the control group, feeding NCA after vaccination and during entire experiment significantly decreased the blood $CD3^+$ amount at the 21st day (P<0.05), while the blood $CD3^+$ amount was significantly decreased by feeding NCA during entire period compared with the other groups (P<0.05). Compared with the control group, feeding NCA during entire period significantly increased serum immunoglobulin contents of pigs at the 21st and 35th day (P<0.05), and feeding NCA before vaccination or during entire period significantly increased serum superoxide dismutase activity and total antioxidant capacity （P<0.05）, while latter significantly decreased malondialdehyde content of pigs （P<0.05）. In conclusion, different feeding patterns of NCA affect the levels of HC antibody titer

and immunoglobulin and antioxidant capacity of growing pigs, and feeding NCA for entire period is better than a shorter period.

Key words: compound additives; antibody titer; immune function; swine fever; growing pigs

i

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: yujie@sicau.edu.cn (责任编辑　田艳明)